

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1998年 5月29日

出 願 番 号

Application Number:

平成10年特許願第149456号

出 願 人

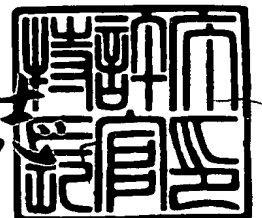
Applicant (s):

三洋電機株式会社

1999年 4月23日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

伴佐山 建志



出証番号 出証特平11-3025358

【書類名】 特許願

【整理番号】 NB97-2081

【提出日】 平成10年 5月29日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/768  
H01L 21/31  
H01L 21/90

【発明の名称】 半導体装置の製造方法

【請求項の数】 7

【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号  
三洋電機株式会社内

【氏名】 渡辺 裕之

【特許出願人】  
【識別番号】 000001889  
【氏名又は名称】 三洋電機株式会社  
【代表者】 高野 泰明

【代理人】  
【識別番号】 100076794  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 安富 耕二  
【連絡先】 電話 03-5684-3268 知的財産部駐在

【選任した代理人】  
【識別番号】 100107906  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 須藤 克彦

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 013033  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9702954

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 不純物が導入された第 1 の絶縁膜に第 1 の配線を埋め込み形成する工程と、

前記第 1 の絶縁膜の上に第 2 の絶縁膜を形成する工程と、

前記第 2 の絶縁膜の上に、コンタクトホールを介して、前記第 1 の配線に電氣的に接続される第 2 の配線を形成する工程と、

を含むことを特徴とした半導体装置の製造方法。

【請求項 2】 基板の上に第 1 の絶縁膜を形成する工程と、

この第 1 の絶縁膜に不純物を導入する工程と、

前記第 1 の絶縁膜に第 1 の配線を埋め込み形成する工程と、

前記第 1 の絶縁膜の上に第 2 の絶縁膜を形成する工程と、

前記第 2 の絶縁膜に、前記第 1 の配線に通じるコンタクトホールを形成する工程と、

前記第 2 の絶縁膜の上に、前記コンタクトホールを介して、前記第 1 の配線に電氣的に接続される第 2 の配線を形成する工程と、

を含むことを特徴とした半導体装置の製造方法。

【請求項 3】 前記第 2 の絶縁膜に不純物を導入する工程を更に備えることを特徴とした請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】 あらかじめ前記第 1 の絶縁膜の下に第 3 の絶縁膜を形成する工程を更に備え、前記第 1 の絶縁膜に対する不純物の導入を、不純物が第 1 の絶縁膜と第 3 の絶縁膜との界面に達する条件下で行うことを特徴とした請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】 前記第 1 の絶縁膜が、炭素を 1 % 以上含有するシリコン酸化膜を含むことを特徴とした請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】 前記第 1 の絶縁膜が、無機 SOG 膜を含むことを特徴とした請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】 前記不純物を導入する工程を、イオン注入法により行うこと

を特徴とした請求項 2 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置の製造方法に係り、詳しくは、デバイス上に絶縁膜を形成する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体集積回路の更なる高集積化を実現するために、配線の微細化、多層化を進めることが要求されている。配線を多層化するには、各配線間に層間絶縁膜を設けるが、その層間絶縁膜の表面が平坦でないと、層間絶縁膜の上部に形成された配線に段差が生じて断線などの故障が引き起こされる。

【0003】

従って、層間絶縁膜の表面（すなわち、デバイスの表面）は可能な限り平坦化されていなければならない。このように、デバイスの表面を平坦化する技術は、平坦化技術と呼ばれ、配線の微細化、多層化に伴ってますます重要になっている。

平坦化技術において、よく用いられる層間絶縁膜として SOG 膜があり、特に層間絶縁膜材料のフロー特性を利用した平坦化技術において盛んな検討がなされている。

【0004】

SOG とは、シリコン化合物を有機溶剤に溶解した溶液及びその溶液から形成される二酸化シリコンを主成分とする膜の総称である。

SOG 膜を形成するには、まず、シリコン化合物を有機溶剤に溶解した溶液を基板上に滴下して基板を回転させる。すると、その溶液の被膜は、配線によって形成される基板上の段差に対して、その凹部には厚く、凸部には薄く、段差を緩和するように形成される。その結果、その溶液の被膜の表面は平坦化される。

【0005】

次に熱処理が施されると、有機溶剤が蒸発すると共に重合反応が進行して、表

面が平坦な SOG 膜が形成される。

SOG 膜には、一般式 (1) で表されるように、シリコン化合物中に有機成分を含まない無機 SOG 膜と、一般式 (2) で表されるように、シリコン化合物中に有機成分を含む有機 SOG 膜とがある。

【0006】

$[SiO_2]_n$  又は  $[H_X Si_Y O_Z]_n \quad \dots (1)$   
(n, X, Y, Z : 整数)

$[R_X Si_Y O_Z]_n \quad \dots (2)$   
(n, X, Y, Z : 整数、R : アルキル基又はアリール基)

無機 SOG 膜や有機 SOG 膜は、非常に優れた平坦性を有するが、無機 SOG 膜は、水分及び水酸基を多量に含んでいるために、金属配線などに悪影響を与え、電気的特性の劣化、腐食などの問題が生じる恐れがある。

【0007】

また、無機 SOG 膜に比べれば少ないものの、有機 SOG 膜にも水分及び水酸基が含まれているため、同様の問題を有する。

そこで、通常は、SOG 膜を層間絶縁膜に採用する場合において、水分及び水酸基を比較的遮断する性質に加えて絶縁性及び機械的強度が高い性質を持つ、例えばプラズマ CVD 法によって形成されたシリコン酸化膜などの絶縁膜を SOG 膜と金属配線との間に介在させることが行われている（例えば、特開平 5-226334 号公報 (H01L21/3205) 参照）。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

従来例のようにプラズマ CVD 法によって形成されたシリコン酸化膜などの絶縁膜を SOG 膜と金属配線との間に介在させると以下の通りの不具合が生じる。

a) シリコン酸化膜など絶縁膜を金属配線の上に形成する必要上、下地金属配線のパターンの間隔を狭めることに制約を受け、素子の微細化の妨げとなる。

【0009】

b) プラズマ CVD 法によって形成されたシリコン酸化膜は、有機 SOG 膜に比べて誘電率が高いので、配線間容量が大きくなって、信号遅延の原因となる。

本発明は、半導体装置の製造方法に関し、斯かる問題点を解消することをその目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明の半導体装置の製造方法にあつては、不純物が導入された第1の絶縁膜に第1の配線を埋め込み形成する工程と、前記第1の絶縁膜の上に第2の絶縁膜を形成する工程と、前記第2の絶縁膜の上に、コンタクトホールを介して、前記第1の配線に電氣的に接続される第2の配線を形成する工程と、を含むことをその要旨とする。

【0011】

また、本発明の半導体装置の製造方法にあつては、基板の上に第1の絶縁膜を形成する工程と、この第1の絶縁膜に不純物を導入する工程と、前記第1の絶縁膜に第1の配線を埋め込み形成する工程と、前記第1の絶縁膜の上に第2の絶縁膜を形成する工程と、前記第2の絶縁膜に、前記第1の配線に通じるコンタクトホールを形成する工程と、前記第2の絶縁膜の上に、前記コンタクトホールを介して、前記第1の配線に電氣的に接続される第2の配線を形成する工程と、を含むことをその要旨とする。

【0012】

尚、前記第2の絶縁膜に不純物を導入する工程を更に備えることが望ましい。

この第1の絶縁膜や第2の絶縁膜への不純物の導入により、膜が改質されて、膜に含まれる水分や水酸基が減少し且つ膜が吸水しにくくなる。これにより、絶縁膜の絶縁特性を改善することができる。

特に、第1の配線を形成する前に、第1の絶縁膜に不純物を導入するようにするので、膜全体にわたってほぼ均一な深さだけ不純物を注入することができる。従って、膜の改質深さにばらつきが生じにくく、第1の絶縁膜に第1の配線を埋め込んだときに、第1の配線の側面に改質されていない個所が接触することを防止できる。

【0013】

この場合、あらかじめ第1の絶縁膜の下に第3の絶縁膜を形成しておき、第1

の絶縁膜に対する不純物の導入を、不純物が第1の絶縁膜と第3の絶縁膜との界面に達する条件下で行うことにより、第1の絶縁膜と第3の絶縁膜との密着強度も向上させることができる。

更にこの場合において、第1の絶縁膜は、有機SOG膜などの炭素を1%以上含有するシリコン酸化膜、又は無機SOG膜を含むのが好ましい。

【0014】

【発明の実施の形態】

本発明を具体化した実施形態の製造方法を図1～図9に従って説明する。

工程1（図1参照）：（100）p型（又はn型）単結晶シリコン基板1の上にシリコン酸化膜2（膜厚：200nm）を形成し、その上に有機SOG膜3を形成する。有機SOG膜3の組成は $(\text{CH}_3)_{1/2}\text{SiO}_{3/2}$ 又は $(\text{CH}_3)\text{Si}_2\text{O}_3$ で、その膜厚は600nmである。

【0015】

シリコン酸化膜2は、プラズマCVD法により形成する。反応ガスとしては、モノシランと亜酸化窒素（ $\text{SiH}_4 + \text{N}_2\text{O}$ ）、モノシランと酸素（ $\text{SiH}_4 + \text{O}_2$ ）、TEOS（Tetra-ethoxy-silane）と酸素（ $\text{TEOS} + \text{O}_2$ ）などを用い、成膜温度は300～900℃である。

また、シリコン酸化膜2は、プラズマCVD法以外の方法（常圧CVD法、減圧CVD法、ECRプラズマCVD法、光励起CVD法、TEOS-CVD法、PVD法など）によって形成してもよい。例えば、常圧CVD法で用いられるガスはモノシランと酸素（ $\text{SiH}_4 + \text{O}_2$ ）であり、成膜温度は400℃以下である。また、減圧CVD法で用いられるガスはモノシランと亜酸化窒素（ $\text{SiH}_4 + \text{N}_2\text{O}$ ）であり、成膜温度は900℃以下である。

【0016】

有機SOG膜3の形成方法は、まず、前記組成のシリコン化合物のアルコール系溶液（例えば、IPA+アセトン）を基板1の上に滴下して基板を回転速度：5400rpmで20秒間回転させ、この溶液の被膜を基板1の上に形成する。

次に、窒素雰囲気中において、150℃で1分間、200℃で1分間、250℃で1分間、22℃で1分間、430℃で30分間、順次熱処理を施すと、アル



コール系が蒸発すると共に重合反応が進行して、表面が平坦な膜厚 300 nm の有機 SOG 膜が形成される。この被膜形成～熱処理作業をもう 1 回繰り返すことにより、膜厚 600 nm の有機 SOG 膜 3 を得る。この有機 SOG 膜 3 は、下地面が平坦なため、基板の全面にわたってほぼ均一な膜厚で塗布形成される。有機 SOG 膜 3 は、炭素を 1 % 以上含有するシリコン酸化膜である。

#### 【0017】

工程 2 (図 2 参照) : イオン注入法を用いて、ホウ素 (ボロン) イオン ( $B^+$ ) を加速エネルギー : 140 KeV、ドーズ量 :  $2 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$  の条件で有機 SOG 膜 3 にドーピングする。この条件で注入すると、アルゴンイオンは、有機 SOG 膜 3 とシリコン酸化膜 2 との界面に到達する。

このように、有機 SOG 膜 3 にホウ素イオンを導入することで、膜中の有機成分を分解させると共に、膜中に含まれる水分及び水酸基を減少させる。

#### 【0018】

また、シリコン酸化膜 2 との界面にホウ素イオンが導入されることで、両者の密着強度が高くなる。

その結果、有機 SOG 膜 3 は、有機成分が含まれず、水分及び水酸基が僅かしか含まれなく且つ下地膜 (シリコン酸化膜 2) との密着強度が高い SOG 膜 (以下、改質 SOG 膜という) 4 に変えられる。上述した通り、有機 SOG 膜 3 は、基板の全面にわたってほぼ均一な膜厚を有するので、有機 SOG 膜 3 全体がほぼ均一に改質され、且つ下地膜との密着強度もほぼ全面にわたって高くなる。尚、この改質 SOG 膜 4 も、炭素を 1 % 以上含有するシリコン酸化膜である。

#### 【0019】

工程 3 (図 3 参照) : 図示しないレジストパターンをマスクとして、フロロカーボン系のガスをエッチングガスとして用いる異方性エッチングを行い、改質 SOG 膜 4 にトレンチ 5 を形成する。

工程 4 (図 4 参照) : 不活性ガス (例えば Ar) を用いたスパッタエッチングによって、トレンチ 5 内をクリーニングした後、トレンチ 5 内及び改質 SOG 膜 4 の上に、マグネトロンスパッタ法や CVD 法を用いて、密着層及びバリヤ層としての TiN 膜を形成し、更に、その上に、CVD 法又はメッキ法を用いて、C

u膜を形成し、さらに、CMP (Chemical Mechanical Polishing) 法を用いて、Cu膜の表面を研磨し、最終的にトレンチ5内にのみTiNとCuからなる金属配線6を埋め込み形成する。この金属配線の埋め込み技術は、一般にはダマシン (damascene) 法と呼ばれている。

【0020】

尚、有機SOGは非常に段差被覆性が良いために、例えば、工程1～4において、金属配線6をパターン形成してから有機SOG膜3を塗布しても、金属配線6間に有機SOGを十分に充填することができる。しかしながら、このように下地に配線パターンのように凹凸が存在する個所に有機SOG膜を塗布した場合、有機SOG膜3の膜厚が、例えば配線のあるところと無いところで差が生じることがある。この状態で有機SOG膜を改質すべくイオン注入を行うと、有機SOG膜中の下層部分に、改質された部分とされなかった部分が発生し、後述するような種々の問題が発生することになる。

【0021】

一方、本実施形態によれば、有機SOG膜3全体がほぼ均一に改質されるため、このような問題は生じない。

工程5 (図5参照) : 改質SOG膜4及び金属配線6の上に、膜厚600nmの有機SOG膜7を形成する。この有機SOG膜7の組成及び形成方法は上記有機SOG膜3と同様である。

【0022】

工程6 (図6参照) : イオン注入法を用いて、ホウ素イオンを加速エネルギー : 140KeV、ドーズ量 :  $2 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$  の条件で有機SOG膜7にドーピングして上記改質SOG膜4と同様に、有機SOG膜7を改質させる (以下、改質SOG膜8という)。この条件で注入すると、ホウ素イオンは、有機SOG膜7と改質SOG膜4との界面に到達する。

【0023】

このときも、有機SOG膜7は、基板の全面にわたってほぼ均一な膜厚を有するので、有機SOG膜7全体がほぼ均一に改質される。

工程7 (図7参照) : 図示しないレジストパターンをマスクとして、フロロカ

ーボン系のガスをエッチングガスとして用いる異方性エッチングを行い、改質 SOG 膜 8 に金属配線 6 に通じるコンタクトホール 9 a, 9 b を形成する。このとき、マスクの合わせずれで、コンタクトホールの形成位置が、コンタクトホール 9 b のように金属配線 6 の上面からずれて改質 SOG 4 が露出してもコンタクト不良が発生することはない。

【0024】

例えば、有機 SOG 膜 3 へのイオン注入が不十分で、膜中（特に下層部）に改質されていない個所が存在すると、その未改質の部分にコンタクトホールの位置がずれた場合に、コンタクトホール形成用のエッチングマスクとして用いたフォトレジストを除去するための酸素プラズマアッシング処理の際に、未改質部分が収縮することがある。その結果、ホール内にリセスが発生し、その後の接続孔配線をホール内に十分に埋め込むことができない等コンタクト不良が発生する危険がある。

【0025】

また、コンタクトホール内に未改質の有機 SOG 膜が露出していると、このコンタクトホール内に CVD 法を用いて Cu を形成しようとする場合に、有機 SOG から H<sub>2</sub>O や CH<sub>3</sub> が脱離し、Cu を形成するためのソースガスがコンタクトホール内に十分に入ることができず、コンタクトホール内に不完全な形状の Cu が形成されてしまう危険がある。

【0026】

一方、本実施形態にあっては、上述した通り、有機 SOG 膜 3 の全体がほぼ均一に改質されているため、コンタクトホールの形成位置がずれても改質された部分のみが露出し、上述のような心配はない。

工程 8（図 8 参照）：不活性ガス（例えば Ar）を用いたスパッタエッチングによって、コンタクトホール 9 a, 9 b 内をクリーニングした後、コンタクトホール 9 a, 9 b 内を含む改質 SOG 膜 8 の上に、マグネトロンスパッタ法や CVD 法を用いて、密着層及びバリヤ層としての TiN 膜を形成し、その上に、CVD 法又はメッキ法を用いて、Cu 膜を形成し、更に、CMP 法を用いて、Cu 膜の表面を研磨し、最終的にコンタクトホール 9 a, 9 b 内に TiN と Cu からな

る接続孔配線 10 を埋め込み形成する。

【0027】

工程 9（図 9 参照）：必要に応じて、不活性ガス（例えば Ar）を用いたスパッタエッチングによって、接続孔配線 10 の表面の酸化膜等を除去する。

次に、改質 SOG 膜 8 及び接続孔配線 10 の上に、工程 1～4 と同様の手法で、改質 SOG 膜 11 とこの改質 SOG 膜 11 に埋め込まれ、接続孔配線 10 と電氣的に接続する上層金属配線 12（TiN と Cu との積層）を形成する。

【0028】

本実施形態にあっては、有機 SOG 膜 3 にイオンを注入する際に、上述したようにシリコン酸化膜 2 との界面にホウ素イオンを導入するので、改質 SOG 膜 4 がシリコン酸化膜 2 から剥がれにくくなっている。

表 1 は、プラズマ CVD 法で形成したシリコン酸化膜の上に SOG 膜（膜厚 600 nm）を形成したテストデバイスを用いて、SOG 膜とシリコン酸化膜との密着強度を引っ張り強度試験装置を用いて評価した結果を示している。

【0029】

【表 1】

条 件	膜剥がれ率
有機 SOG 膜	100%
低圧酸素プラズマ処理	100%
改質 SOG 膜（Ar イオン注入）	0%
改質 SOG 膜（B イオン注入）	0%

【0030】

尚、表 1 中、低圧酸素プラズマ処理とは有機 SOG 膜を酸素プラズマに晒したものである。改質 SOG 膜は本実施形態と同様の条件で形成している。

このように、SOG 膜として改質 SOG 膜を用いたものは、下地シリコン酸化膜との密着強度が高くなって、膜剥がれが起こらないことが分かる。

図 10 は表 1 と同様のテストデバイスにおいて、SOG 膜に異なる条件でホウ

素 ( $B^+$ ) イオンを注入した時の密着強度を測定したものである。ドーズ量は  $1 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$  と一定とし、加速エネルギーを 20、60、100 及び 140 KeV にそれぞれ変化させた。図中、「未処理」はイオン注入を行っていないもの、すなわち有機 SOG 膜のことである。

#### 【0031】

このように、イオン注入しないものは、SOG 膜とシリコン酸化膜との密着強度が低く、簡単に剥がれやすいが、イオン注入したものは、加速エネルギーが高くなるに従って密着強度が高くなり、特に、60 KeV 以上では、 $700 \text{ Kg f/cm}^2$  を越える密着強度を得ることができる。この密着強度の向上は、SOG 膜とシリコン酸化膜との界面にイオンが到達し、界面の元素のミキシング及び再結合によりもたらされたものと考えられる。

#### 【0032】

また、改質 SOG 膜 4、8、11 は、エッチングマスクとして用いたフォトリジストを除去する際の酸素プラズマアッシング処理時にほとんど収縮しない。

そのため、トレンチ 5 やコンタクトホール 9 a、9 b を形成する際にリセスが発生することはない。従って、トレンチ 5 やコンタクトホール 9 a、9 b 内に、金属配線 6 や接続孔配線 10 を十分に埋め込むことが可能になる。

#### 【0033】

ここで、改質 SOG 膜は、酸素プラズマ耐性にも優れている。図 11 は酸素プラズマ耐性の指標として、改質 SOG 膜の膜厚減少に着目して評価すべく、有機 SOG 膜にアルゴンイオンを注入して形成した改質 SOG 膜を酸素プラズマに晒したときの膜厚変化について示したものである。尚、イオン注入の条件は、加速エネルギー：140 KeV、ドーズ量： $1 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$  である。

#### 【0034】

有機 SOG 膜を酸素プラズマに晒した場合（酸素プラズマ処理）、当初の有機 SOG 膜（未処理）の膜厚に比べて、膜厚が 16 % 減少したのに対し、改質 SOG 膜を酸素プラズマに晒した場合（Ar イオン注入後酸素プラズマ処理）、当初の改質 SOG 膜（Ar イオン注入）の膜厚に比べて、膜厚がほとんど減少しないことが分かった。但し、改質 SOG 膜の膜厚は有機 SOG 膜の膜厚に比べて 25

%減少している。

【0035】

以上の結果から、改質 SOG 膜は、酸素プラズマ耐性の優れた膜であることが分かった。

図 12 は有機 SOG 膜（未処理）及び改質 SOG 膜（Ar イオン注入処理）のそれぞれに窒素雰囲気中で 30 分間の熱処理を施し、TDS 法 (Thermal Desorption Spectroscopy) を用いて評価した結果を示している。尚、イオン注入条件は、加速エネルギー：140 KeV、ドーズ量： $1 \times 10^{15}$  atoms/cm<sup>2</sup> である。

【0036】

この図は、H<sub>2</sub>O (m/e = 18) に関する脱離量を表したものであり、図から明らかなように、改質 SOG 膜は H<sub>2</sub>O (m/e = 18) に関する脱離が少ないことが分かる。このことは、有機 SOG 膜にイオン注入を行って、改質 SOG 膜とすることにより、有機 SOG 膜に含まれる水分及び水酸基が減少することを示している。

【0037】

図 13 は有機 SOG 膜及び改質 SOG 膜の吸湿性を調べる目的で、有機 SOG 膜（未処理）、有機 SOG 膜を酸素プラズマに晒したもの（酸素プラズマ処理）及び改質 SOG 膜（Ar イオン注入）をクリーンルーム内で大気中に放置し、膜中の水分を評価した結果を示している。膜中の水分量は、FT-IR 法 (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) を用いて、赤外吸収スペクトルの O-H 基に関する吸収（3500 cm<sup>-1</sup> 付近）の面積強度を指標とした。イオン注入条件は、加速エネルギー：140 KeV、ドーズ量： $1 \times 10^{15}$  atoms/cm<sup>2</sup> である。

【0038】

酸素プラズマに晒した場合、処理前後での水分増加だけでなく、1 日後でも水分が増加していることが分かる。一方、改質 SOG 膜は、イオン注入後に増加していないだけでなく、クリーンルーム内で大気に放置しても、有機 SOG 膜に比べて水分の増加は小さい。

即ち、改質 SOG 膜は、有機 SOG 膜に比べて吸湿性が低いことが分かる。

【0039】

図14は改質SOG膜及び有機SOG膜の水分の透過性を調べる目的で、プレッシャー・クッカー試験（PCT）（加湿試験のことで、本実施形態では、条件として、120℃、2気圧の飽和水蒸気雰囲気で行った）した結果を示している。FT-IR法を用いて、有機SOG膜中のO-Hに関する吸収ピーク（3500 $\text{cm}^{-1}$ 付近）の面積強度を求め、PCT時間との関係をプロットした。

## 【0040】

イオン注入法を用いて表面だけを改質した試料（Arイオン注入：20KeV）を作製し、膜全体を改質したもの（Arイオン注入：140KeV）や改質しなかったもの（有機SOG膜：未処理）と比較した結果、以下のことが分かった。

（1）改質していない有機SOG膜をPCTした場合、3500 $\text{cm}^{-1}$ 付近（O-H基に関する）の吸収強度が劇的な増加を示す。

## 【0041】

（2）改質SOG膜では、3500 $\text{cm}^{-1}$ 付近（O-H基に関する）の吸収強度の増加は小さい。膜表面だけを改質した試料でも、膜全体を改質したものと同程度である。

以上の結果から、イオンを注入することで、水分の透過性を抑制する層を形成できることが分かる。

## 【0042】

以上、本実施形態にあっては、有機SOG膜にイオン注入によって、不純物を導入することにより、有機SOG膜3，7が改質SOG膜4，8となって、膜に含まれる水分や水酸基が減少し且つ膜が吸水しにくくなり、更に加えて、改質SOG膜4に接するシリコン酸化膜2との密着強度が高まり、信頼性の高い層間絶縁膜を得ることができる。

## 【0043】

本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、以下のように実施しても同様の作用効果を得ることができる。

1）有機SOG膜に代えて、フロロカーボン膜やポリイミドやシロキサン編成されたポリイミドなどを用いる。

2）配線材料としてのCuに代えて、アルミ、金、銀、シリサイド、高融点金

属、ドーパドポリシリコン、窒化チタン (TiN)、タングステンチタン (TiW) 又はそれらの積層構造で形成する。

【0044】

3) 密着層及びバリヤ層としてのTiNを、Ti, TaN, Ta等との積層構造にする。又は、TiNに代えて、Ti, TaN, Ta等を用いる。

4) 改質SOG膜に熱処理を施す。この場合、改質SOG膜中のダングリングボンドが少なくなるため。吸湿性が更に小さくなり、水分の透過も更に少なくなる。

【0045】

5) 有機SOG膜の組成を一般式(2)で表されるものに置き代える。

6) 有機SOG膜の組成を一般式(1)で表される無機SOG膜に置き換え、その無機SOG膜にイオン注入を行う。この場合には、無機SOG膜に含まれる水分及び水酸基を減少させることができる。

7) 上記実施形態では、有機SOG膜に注入するイオンとしてホウ素イオンを用いたが、結果として有機SOG膜を改質するものであればどのようなイオンを用いてもよい。

【0046】

具体的には、アルゴンイオン、ホウ素イオン、窒素イオンなどの質量の比較的小さいイオンが適しており、中でもホウ素イオンがもっとも適しているが、これら以外にも以下に示すイオンも十分に効果が期待できる。

アルゴン以外の不活性ガスイオン(ヘリウムイオン、ネオンイオン、クリプトンイオン、キセノンイオン、ラドンイオン)。不活性ガスは有機SOG膜と反応しないため、イオン注入によって悪影響が生じる恐れが全くない。

【0047】

ホウ素及び窒素以外のIII b, IV b, V b, VI b, VII bの各族の元素単体イオン及びそれらの化合物イオン。特に、酸素、アルミ、イオウ、塩素、ガリウム、ゲルマニウム、ヒ素、セレン、臭素、アンチモン、ヨウ素、インジウム、スズ、テルル、鉛、ビスマスの元素単体イオン及びそれらの化合物イオン。

この中で、金属元素イオンについては、イオン注入後の有機SOG膜の誘電率



を低く抑えることができる。

【0048】

IVa族, Va族の元素単体イオン及びそれらの化合物イオン。特に、チタン、バナジウム、ニオブ、ハフニウム、タンタルの元素単体イオン及びそれらの化合物イオン。IVa族, Va族の元素の酸化物は誘電率が高いため、イオン注入後の有機SOG膜の誘電率も高くなるが、特に低い誘電率の層間絶縁膜が要求される場合以外には実用上問題ない。

【0049】

各イオンを複数種類組み合わせる。この場合、各イオンの相乗作用により更に優れた効果を得ることができる。

8) 上記実施形態では、有機SOG膜にイオンを注入しているが、イオンに限らず、原子、分子、粒子であればよい（本発明ではこれらを総称して不純物とする）。

【0050】

9) スパッタリングの方法として、マグネトロンスパッタリング以外に、ダイオードスパッタリング、高周波スパッタリング、四極スパッタリング等のようなものであってもよい。

10) スパッタエッチングの方法として、不活性ガスを用いる以外に、反応性ガス（例えば $\text{CCl}_4$ 、 $\text{SF}_6$ ）を用いた反応性イオンビームエッチング（RIE、反応性イオンミリングとも呼ばれる）を用いてもよい。

【0051】

11) 単結晶シリコン基板（半導体基板）に代えて、導電性基板やガラス等の絶縁性基板を用いる。

【0052】

【発明の効果】

本発明にあっては、信頼性に優れ且つ微細化に適した半導体装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明を具体化した実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図 2】

本発明を具体化した実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図 3】

本発明を具体化した実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図 4】

本発明を具体化した実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図 5】

本発明を具体化した実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図 6】

本発明を具体化した実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図 7】

本発明を具体化した実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図 8】

本発明を具体化した実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図 9】

本発明を具体化した実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図 1 0】

本発明の実施形態を説明するための特性図である。

【図 1 1】

本発明の実施形態を説明するための特性図である。

【図 12】

本発明の実施形態を説明するための特性図である。

【図 13】

本発明の実施形態を説明するための特性図である。

【図 14】

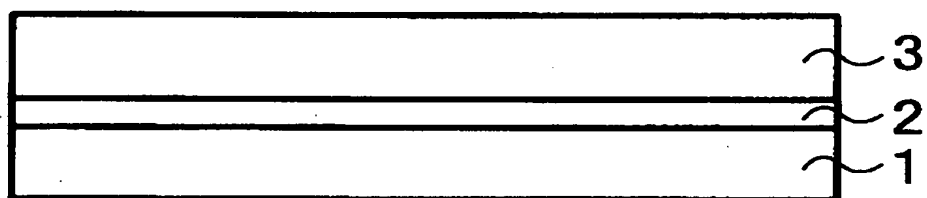
本発明の実施形態を説明するための特性図である。

【符号の説明】

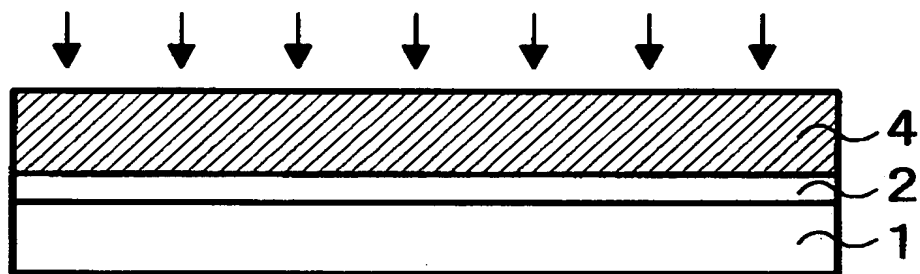
- 1 シリコン基板
- 2 シリコン酸化膜（第3の絶縁膜）
- 3 有機SOG膜（第1の絶縁膜）
- 4 改質SOG膜
- 5 トレンチ
- 6 金属配線（第1の配線）
- 7 有機SOG膜（第2の絶縁膜）
- 8 改質SOG膜
- 9a, 9b コンタクトホール
- 10 接続孔配線（第2の配線）
- 11 改質SOG膜
- 12 上層金属配線

【書類名】 図面

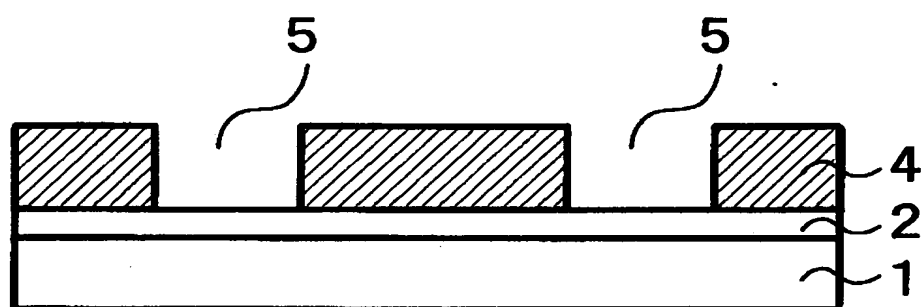
【図 1】



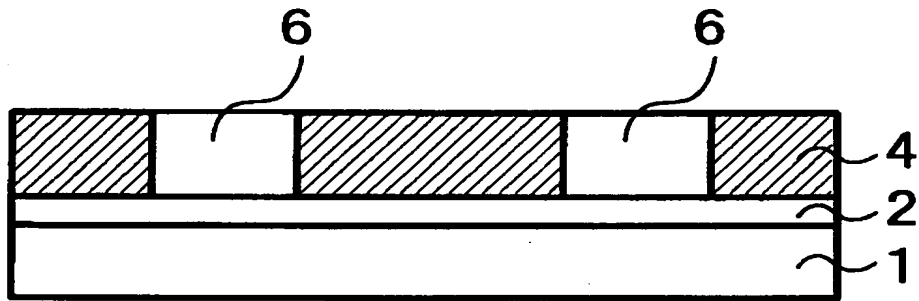
【図 2】



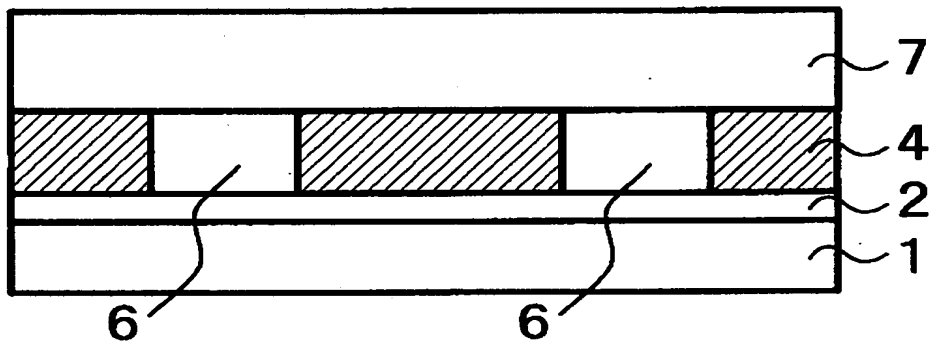
【図 3】



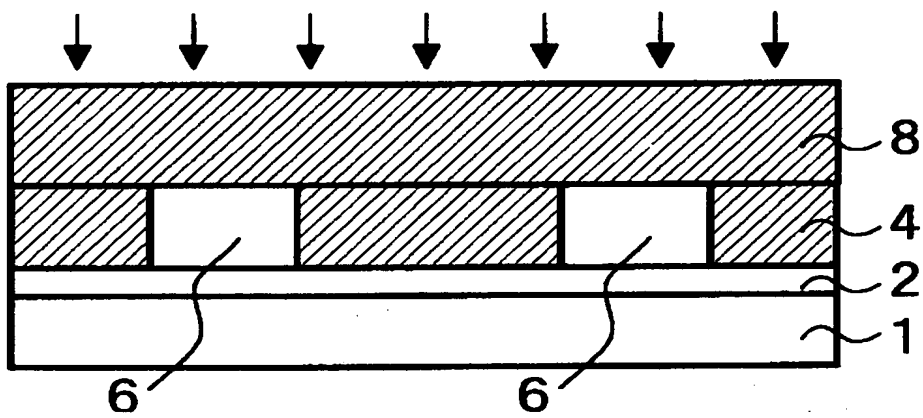
【図 4】



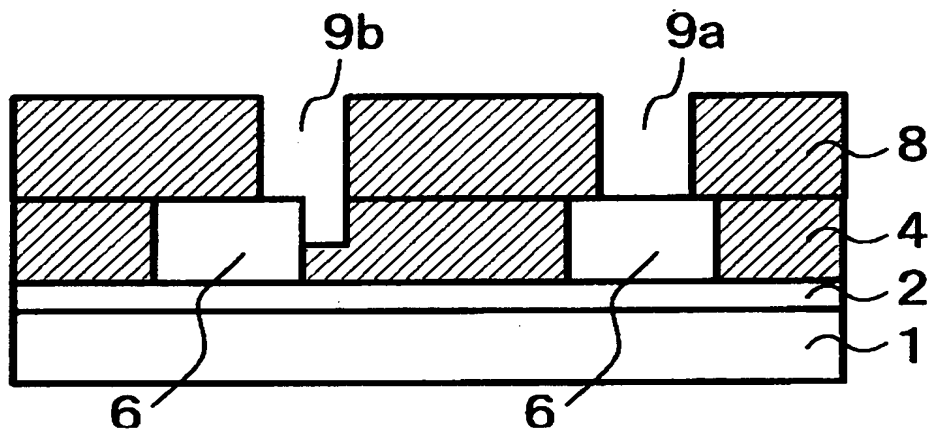
【図 5】



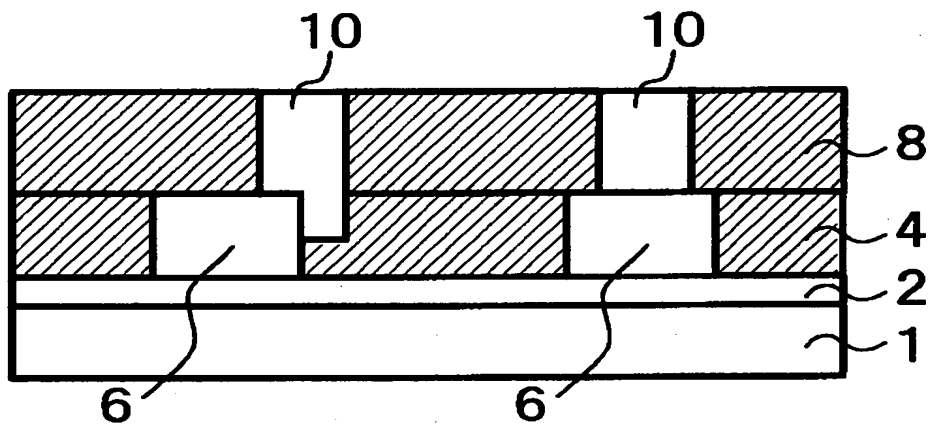
【図 6】



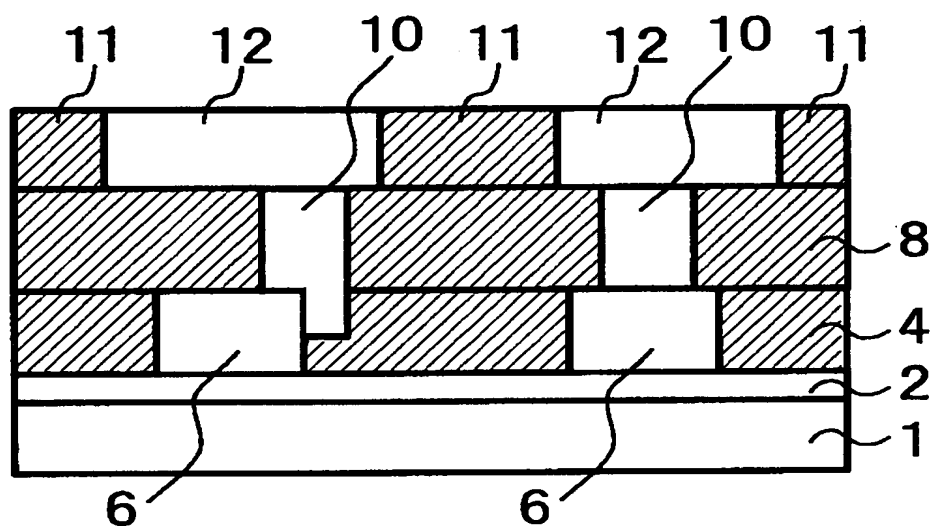
【図 7】



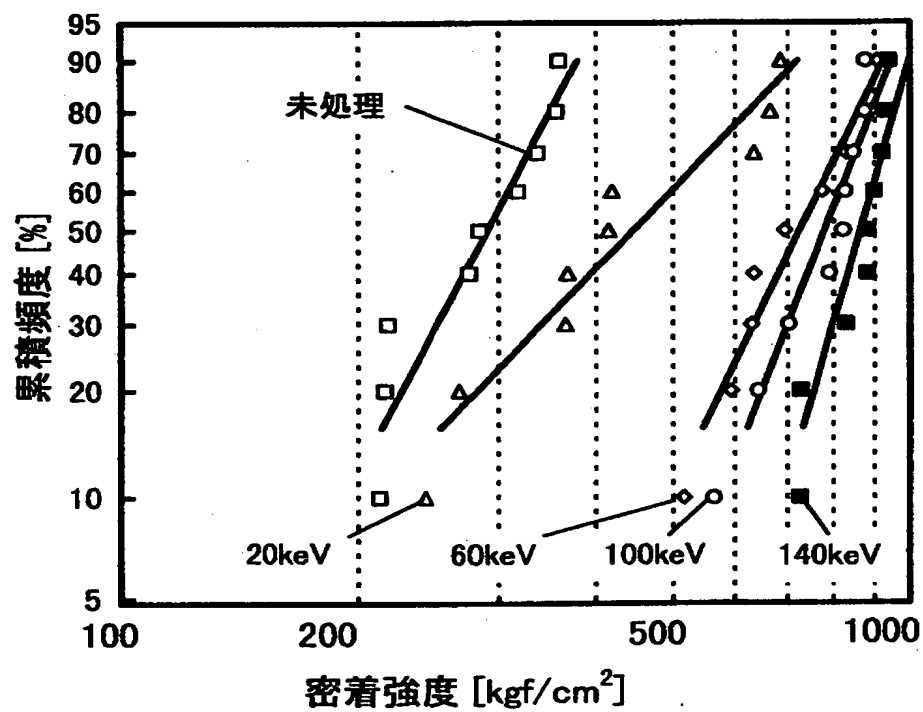
【図 8】



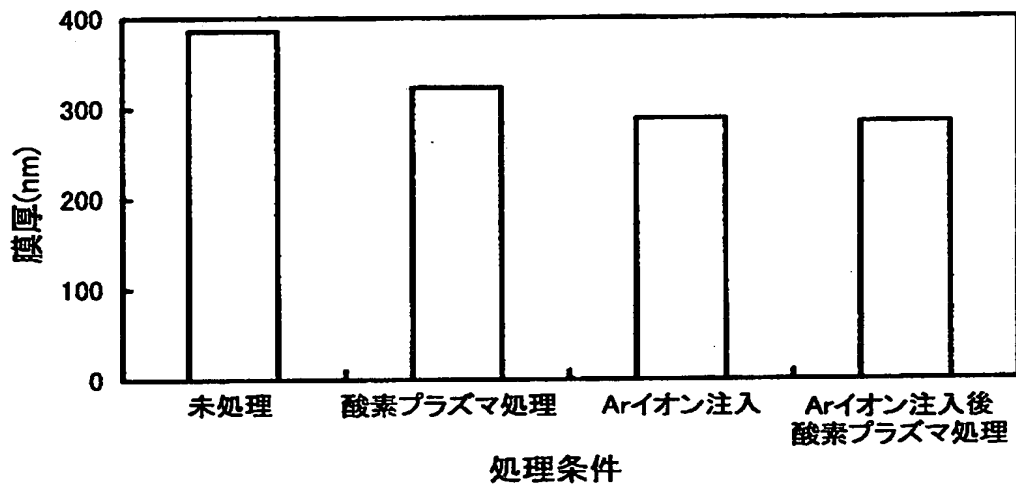
【図9】



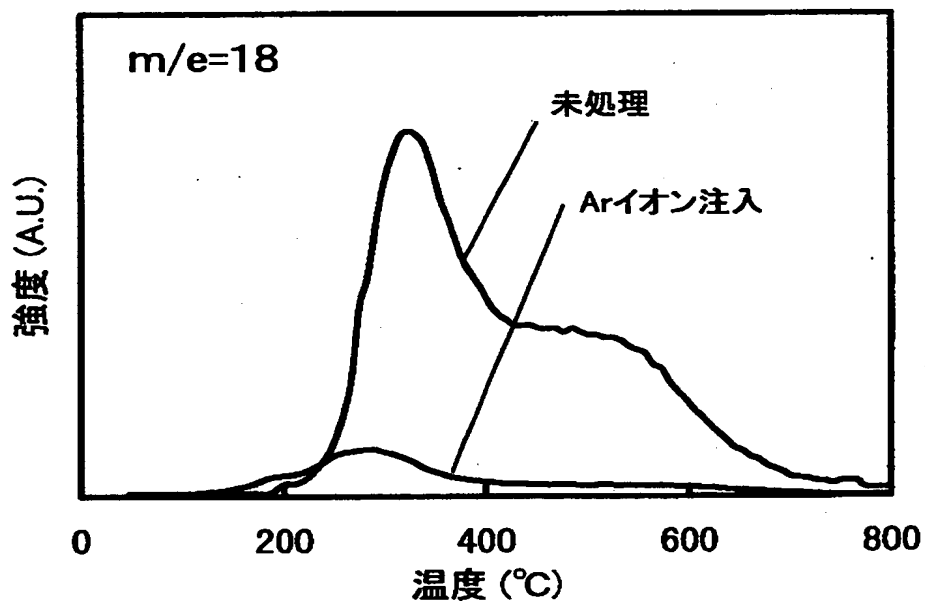
【図10】



【図 1 1】

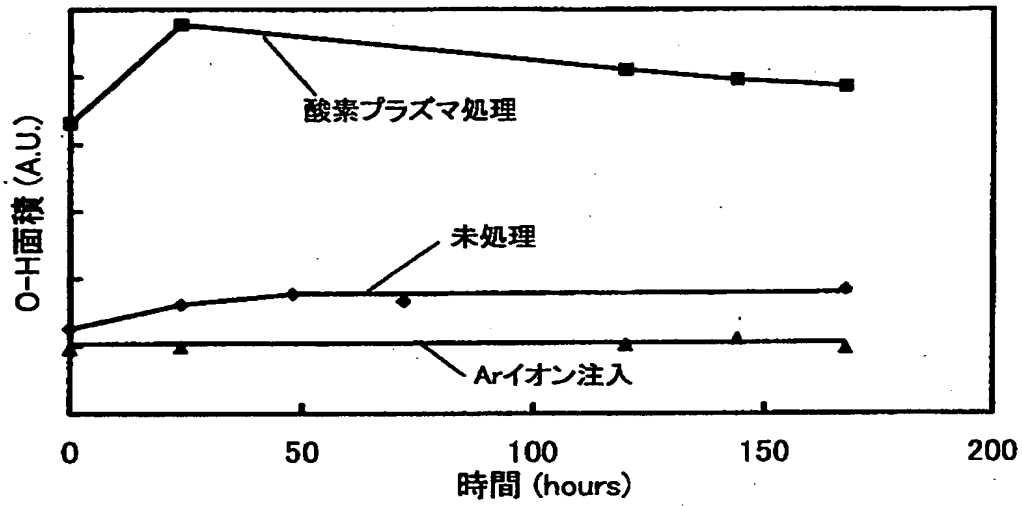


【図 1 2】

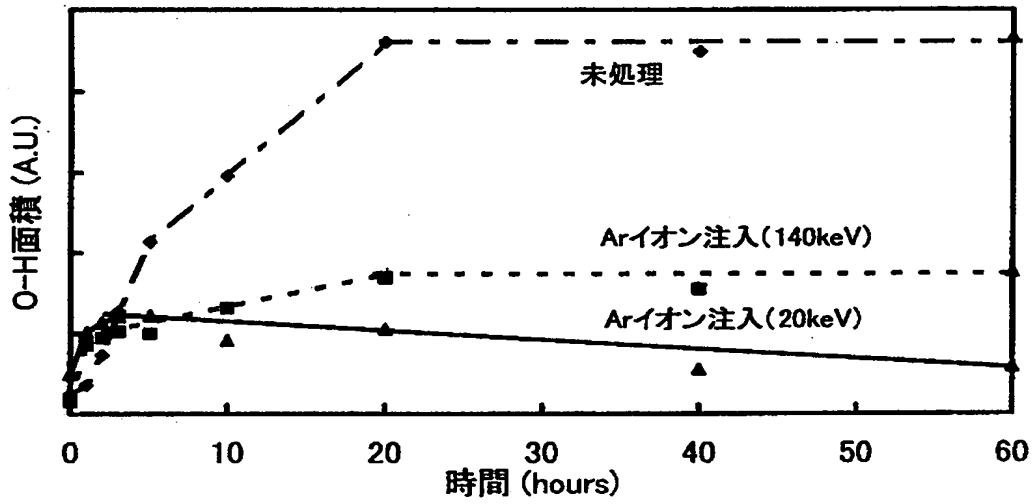




【図 13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 信頼性に優れ且つ微細化に適した半導体装置を提供すること。

【解決手段】 シリコン酸化膜 2 の上に有機 SOG 膜 3 を形成し、有機 SOG 膜 3 に対し、ホウ素イオンを注入する。このように、有機 SOG 膜 3 にホウ素イオンを導入することで、膜中の有機成分を分解させると共に、膜中に含まれる水分及び水酸基を減少させる。

そして、改質 SOG 膜 4 にダマシン法を用いて金属配線 6 を埋め込んだ後、その上に改質 SOG 膜 8 を形成し、更に、コンタクトホール 9 a, 9 b を形成する。コンタクトホール 9 a, 9 b 内に接続孔配線 10 を埋め込んだ後、ダマシン法を用いて、改質 SOG 膜 11 及び上層金属配線 12 を形成する。

【選択図】 図 9

【書類名】  
【訂正書類】

職権訂正データ  
特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】

000001889

【住所又は居所】

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

【氏名又は名称】

三洋電機株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】

100076794

【住所又は居所】

群馬県邑楽郡大泉町坂田一丁目1番1号 三洋電機  
株式会社 情報通信事業本部

【氏名又は名称】

安富 耕二

【選任した代理人】

【識別番号】

100107906

【住所又は居所】

群馬県邑楽郡大泉町坂田一丁目1番1号 三洋電機  
株式会社 半導体事業本部 事業推進統括部 知的  
財産部

【氏名又は名称】

須藤 克彦

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001889]

1. 変更年月日 1993年10月20日

[変更理由] 住所変更

住 所 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

氏 名 三洋電機株式会社